

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-262032

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月29日

(51) Int.Cl.[°]

識別記号

F I

H 0 4 J 14/00

H 0 4 B 9/00

E

14/02

H 0 1 S 3/10

Z

H 0 1 S 3/10

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号

特願平9-66942

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

(22) 出願日

平成9年(1997) 3月19日

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 菅田 章彦

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 真田 有

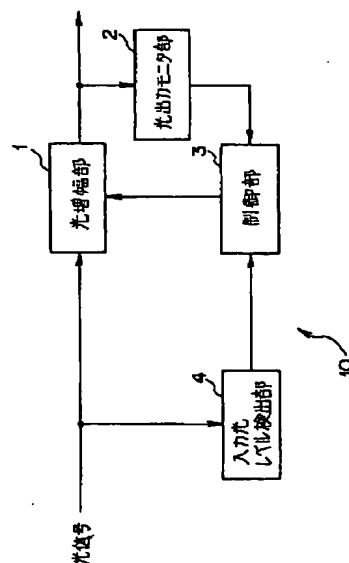
(54) 【発明の名称】 光増幅装置

(57) 【要約】

【課題】 波長多重光伝送システムに用いられる光増幅装置に関し、入力されてくる光信号の入力光レベルに応じて光増幅部の利得を制御するという簡素な検出手法を採用することにより、装置の複雑化を招くことなく、入力波長数が増加した場合においても適切な増幅制御を行なえるようにする。

【解決手段】 光信号を増幅する光増幅部1と、光増幅部1の光出力をモニタする光出力モニタ部2と、光出力モニタ部2でモニタされた光増幅部1の光出力と所定の参照値とを比較して、光増幅部1の光出力が所望の出力値となるように光増幅部1を制御する制御部3と、光信号の入力光レベルを検出する入力光レベル検出部4とをそなえ、制御部3が、入力光レベル検出部4で検出された入力光レベルに応じて、比較処理の際に使用される参照値を変化させることにより、光増幅部1の光出力レベルを制御するように構成する。

本発明の原理ブロック図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数波長の光信号を多重してなる波長多重信号を増幅し、増幅された出力が一定の値になるように増幅利得を制御する光増幅装置において、
入力されてくる光信号を増幅する光増幅部と、
該光増幅部の光出力をモニタする光出力モニタ部と、
該光出力モニタ部でモニタされた該光増幅部の光出力と所定の参照値とを比較して、該光増幅部の光出力が所望の出力値となるように該光増幅部を制御する制御部と、
該入力されてくる光信号の入力光レベルを検出する入力光レベル検出部とをそなえ、

該制御部が、該入力光レベル検出部で検出された入力光レベルに応じて、比較処理の際に使用される該参照値を変化させることにより、該光増幅部の光出力レベルを制御するように構成されていることを特徴とする、光増幅装置。

【請求項 2】 該入力光レベル検出部が、
該入力されてくる光信号を受光する受光部と、
該受光部で検出された受光情報を多重信号数に応じて予め設定されている補助参照値と比較することにより、該制御部へ参照値変更情報を供給する参照値変更情報供給部とをそなえて構成されていることを特徴とする、請求項 1 記載の光増幅装置。

【請求項 3】 該入力光レベル検出部が、
該入力されてくる光信号を受光する受光部と、
該受光部で検出された受光情報について、2 時点間の受光情報の変化情報を演算する受光変化情報演算部と、
該受光変化情報演算部で得られた上記 2 時点間の受光情報の変化情報をトリガ信号として、該受光部で検出された受光情報を多重信号数に応じて予め設定されている補助参照値と比較することにより、該制御部へ参照値変更情報を供給する参照値変更情報供給部とをそなえて構成されていることを特徴とする、請求項 1 記載の光増幅装置。

【請求項 4】 複数波長の光信号を多重してなる波長多重信号を増幅する光増幅装置において、
入力されてくる光信号の多重信号数情報に応じて、補償光信号を該光増幅部の入力側へ供給することにより、該光増幅装置の光出力レベルを所定レベルに制御するように構成されたことを特徴とする、光増幅装置。

【請求項 5】 複数波長の光信号を多重してなる波長多重信号を増幅する光増幅装置において、
入力されてくる光信号を増幅する光増幅部と、
該光増幅部の光出力をモニタする光出力モニタ部と、
該光出力モニタ部でモニタされた該光増幅部の光出力と所定の参照値とを比較して、該光増幅部の光出力が所望の出力値となるように該光増幅部を制御する制御部と、
該入力されてくる光信号の多重信号数情報を検出する多重信号数検出部と、
補償光信号を該光増幅部の入力側へ供給する補償光信号

発生用光源と、

該光増幅部の光出力レベルを所定レベルにするような該補償光信号を出力させるべく、該多重信号数検出部で検出された多重信号数情報に応じて該補償光信号発生用光源を制御する光源制御部とをそなえて構成されたことを特徴とする、光増幅装置。

【請求項 6】 該多重信号数検出部が、
該入力されてくる光信号を受光する受光部と、
該受光部で検出された受光情報から多重信号数情報を検出するフィルタ部とをそなえて構成されていることを特徴とする、請求項 5 記載の光増幅装置。

【請求項 7】 該フィルタ部が、複数の波長に対応すべく複数のフィルタを有していることを特徴とする、請求項 6 記載の光増幅装置。

【請求項 8】 該多重信号数検出部が、複数の波長に対応しうるように、ろ波波長を可変にしうる波長可変フィルタを有していることを特徴とする、請求項 5 記載の光増幅装置。

【請求項 9】 該多重信号数検出部が、
該入力されてくる光信号について波長を考慮して分光する分光部と、
該分光部で分光されたそれぞれの光を独立して受光する受光部とをそなえて構成されていることを特徴とする、請求項 5 記載の光増幅装置。

【請求項 10】 該多重信号数検出部が、
該入力されてくる光信号を受光する受光部と、
該受光部で検出された受光情報から多重信号数情報を出力する多重信号数出力部とをそなえて構成されていることを特徴とする、請求項 5 記載の光増幅装置。

【請求項 11】 該補償光信号発生用光源が、複数の波長に対応すべく複数の光源を有していることを特徴とする、請求項 5 記載の光増幅装置。

【請求項 12】 該補償光信号発生用光源が、複数の波長に対応しうるように、発信波長を可変にしうる光源を有していることを特徴とする、請求項 5 記載の光増幅装置。

【請求項 13】 該補償光信号発生用光源が、管理情報を重畳された補償光信号を該光増幅部の入力側へ供給するように構成されていることを特徴とする、請求項 5 記載の光増幅装置。

【請求項 14】 複数波長の光信号を多重してなる波長多重信号を増幅する光増幅装置において、
入力されてくる光信号の多重信号数情報に応じて、補償光信号を該光増幅部の入力側へ供給するとともに、該光増幅装置の光出力レベルを制御するように構成したことを特徴とする、光増幅装置。

【請求項 15】 複数波長の光信号を多重してなる波長多重信号を増幅する光増幅装置において、
入力されてくる光信号を増幅する光増幅部と、
該光増幅部の光出力をモニタする光出力モニタ部と、

3

該光出力モニタ部でモニタされた該光増幅部の光出力と所定の参照値とを比較して、該光増幅部の光出力が所望の出力値となるように該光増幅部を制御する制御部と、該入力されてくる光信号の多重信号数情報を検出する多重信号数検出部と、補償光信号を該光増幅部の入力側へ供給する補償光信号発生用光源と、

該光増幅部の光出力レベルを所定レベルにするような該補償光信号を出力させるべく、該多重信号数検出部で検出された多重信号数情報に応じて該補償光信号発生用光源を制御する光源制御部とをそなえ、

且つ、該制御部が、該多重信号数検出部で検出された該入力されてくる光信号の多重信号数情報に応じて、比較処理の際に使用される該参照値を変化させることにより、該光増幅部の光出力レベルを制御するように構成されていることを特徴とする、光増幅装置。

【請求項16】 該多重信号数検出部が、検出された多重信号数情報に応じて、該制御部へ参照値変更情報を供給する参照値変更情報供給部をそなえていることを特徴とする、請求項15記載の光増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】 (目次)

発明の属する技術分野

従来の技術 (図26～図28)

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段 (図1～図3)

発明の実施の形態

(a) 第1実施形態の説明 (図4～図9)

(b) 第2実施形態の説明 (図10～図19, 図25)

(c) 第3実施形態の説明 (図20～図24)

発明の効果

【0002】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重光伝送システムに用いて好適な、光増幅装置に関する。

【0003】

【従来の技術】近年、幹線系光通信システムでは、長距離及び大容量化を目指した高速化に伴い、それに対応できる光変調器及び電子回路が開発されている。しかし、10Gb/s以上の領域となると電子回路として実現することは非常に難しく、そのため、波長多重技術による光信号送信の大容量化を目指す方式も検討されている。

【0004】図26は、一般的な波長多重光伝送システムを示す図であるが、この図26に示す波長多重光伝送システム80は、端局20A、20B、20C、中継局20D及び光増幅器20a～20fをそなえて構成されている。ここで、端局20A、20B、20Cは、それぞれ光ファイバを通じて情報の送受信を行なう拠点に相当するもので、送信部及び受信部を有している。中継局20Dは、ある端局からの情報を送信すべき端局への情報に応じた中継処理を行なうもので、例えば、信号分岐

4

部あるいは信号分波部を有しており、図26に示す中継局20Dでは、端局20Aからのある波長情報をもつ光信号を端局20B及び端局20Cに応じた波長情報の光信号に振り分けるようになっている。

【0005】また、光増幅器20a～20fは、光ファイバ中における端局20A～20C間の光信号の増幅処理を施すもので、光信号の送信中に減衰する光のパワーを増幅するようになっている。なお、上述した中継局20Dにも光増幅器20a～20fと同様の光増幅器が内蔵されている。つまり、この図26に示す波長多重光伝送システム80では、端局20Aから端局20B及び端局20Cへ複数の波長をもつ多重光信号を送信するに際しては、端局20Aからの例えばλ1～λ4の波長をもつ光信号を、中継局20Dにおいて振り分け、端局20Bには、例えばλ1、λ3の波長をもつ光信号を送信し、端局20Cには、例えばλ2、λ4の波長をもつ光信号を送信するようになっている。そして、このとき、送信すべき光信号の減衰を防止するために、光増幅器20a～20fにおいて光信号が増幅される。

【0006】そこで、図27は、一般的な光伝送システムの端局における4波多重送信部の一例を示すブロック図であるが、この図27に示すように、この4波多重送信部は、光源81-1～81-4、変調器82-1～82-4、駆動回路83-1～83-4及び合波器85をそなえて構成されている。ここで、光源81-1～81-4は、所定の波長(λ1～λ4)の光信号を出力するものであり、変調器(MOD1～MOD4)82-1～82-4は、光源81-1～81-4からの光信号を後述する駆動回路83-1～83-4からの信号で変調するものであり、合波器85は変調器82-1～82-4からの出力を合波(波長多重)するものである。

【0007】駆動回路(DRIV1～DRIV4)83-1～83-4は、主信号(データ信号; DATA1～DATA4)に基づいて各変調器82-1～82-4を駆動するものである。つまり、この4波多重送信部では、それぞれの波長(λ1～λ4)をもつ光信号を変調器82-1～82-4で変調するようになっており、これらの変調光信号は合波器85において多重されたのち、光増幅器へ出力されるようになっている。

【0008】次に、図28は一般的な光増幅装置の構成を示すブロック図であるが、この図28に示すように、光増幅装置(光増幅器)90は、光増幅部91、光分岐回路92、受光器93、比較器94及びポンピング光源制御回路95をそなえて構成されている。ここで、光増幅部91は、入力されてくる光信号を増幅するもので、この入力されてくる光信号とは、上述したような前段の合波器85によって多重されたものである。また、この光増幅部91として、例えば、エルビウムドープ光ファイバ(EDF)とこのEDFに励起光を供給するポンピング光源(LD; レーザダイオード)とを組み合わせ

せたものが使用される。光分岐回路92は光増幅部91により増幅された光信号の一部を分岐するもので、例えば、光カプラにより構成されている。

【0009】受光器93は光分岐回路92によって分岐された光信号を受光素子を用いて電気信号に変換するものであり、比較器94は受光器93からの出力を所定の参照値（リファレンス）と比較するものである。ポンピング光源制御回路（PUMP LD制御回路）95は比較器94からの出力を受けて光増幅部91のポンピング光源の出力を調整して、参照値とのずれを補正するものである。

【0010】このように、上述の光増幅装置90は、入力されてくる光信号の一部を分岐して所定の設定値と比較したのち、その比較結果に基づいて光増幅部91の利得を制御するようになっており、これにより、光増幅装置90からの出力光の平均値を一定に保つことができるようになっているのである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のような光増幅中継を用いるシステムでは、光増幅装置90の出力光の平均値を常に一定に保ちながら、端局20A~20Cにおける光受信電力の変動を抑えて安定な伝送システムを実現しているため、複数（N）の波長が多重されたN波長多重伝送の場合においても、各波長の入力レベルが同じであれば平均値制御による各波長の電力を一定に保つことが可能であるが、例えば、伝送途中で波長経路が切り換えられたり、故障及び保守作業等により光増幅装置90における入力信号の波長数が減少したりした場合には、このような平均値制御を行なうことにより、出力される各波長の電力が増加してしまうという課題がある。

【0012】つまり、N波長多重伝送において、光増幅装置90の平均出力電力を P_0 とした場合、この光増幅装置90の出力における1波当たりの光電力は P_0/N である。ここで、何らかの原因でN波中m波（ $m < N$ ）が入力されなくなった場合、光増幅装置90の出力における1波当たりの光電力は $P_0/(N-m)$ となり、1波当たりの電力が増加してしまう。

【0013】例えば、2波多重システムの場合について説明すると、光増幅装置90から出力される各波長の出力電力を+6 dBmとしたとき、故障等により光増幅装置90に入力される光信号が2波から1波に減少すると、光増幅装置90から出力される1波の出力電力は3 dB増加して+9 dBmとなってしまう。そして、この電力が光ファイバの非線形効果（SBS；誘導ブリルアン散乱、SPM；自己位相変調効果など）を発生させる閾値を越えた場合には、光波形が劣化し、ひいては伝送品質も劣化させてしまうのである。

【0014】そこで、上記の課題を解決するための手段として以下に示す技術が提案されている。例えば、特開

平8-95097号公報にて開示された技術においては、複数の異なる波長の光信号を多重してなる波長多重光信号を増幅する際、光増幅器の光出力レベルを波長多重光信号における多重信号数に応じて変化させるように制御することによって、各波長の信号光出力レベルが常に適切なレベルになるようにしている。

【0015】しかしながら、上述の特開平8-95097号公報に記載の技術では、波長多重光信号数を直接検出して、この検出された波長多重光信号数に応じて光増幅器の光出力レベルを制御しているため、波長多重信号数のための検出手段が複雑化してしまい、全体として装置の複雑化、ひいてはコスト高を招くという課題がある。

【0016】本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、入力されてくる光信号の入力光レベルに応じて光増幅部の利得を制御するという簡素な検出手法を採用することにより、装置の複雑化を招くことなく、入力波長数が増加した場合においても適切な増幅制御を行なえるようにした光増幅器を提供することを第1の目的とする。

【0017】また、本発明は、入力されてくる光信号の多重信号数情報に応じ光増幅部の入力側へ補償光信号を供給して光出力レベルを所定レベルに制御することにより、入力波長数が増加した場合においても出力電力を増大させることなく安定な伝送品質を保つことができるようにした光増幅器を提供することを第2の目的とする。

【0018】さらに、本発明は、入力されてくる光信号の入力光レベルに応じて、光増幅部の入力側へ補償光信号を供給することと、光増幅部を利得制御することとを併用して行なうことにより、本装置が正常に起動するまでの時間を短縮できるとともに、補償光信号の不足分を利得制御によって調整できるようにした光増幅器を提供することを第3の目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理ブロック図で、この図1に示す光増幅装置10は、光増幅部1、光出力モニタ部2、制御部3及び入力光レベル検出部4をそなえて構成されている。ここで、光増幅部1は入力されてくる光信号を増幅するものであり、光出力モニタ部2は光増幅部1の光出力をモニタするものである。制御部3は、光出力モニタ部2でモニタされた光増幅部1の光出力と所定の参照値とを比較して、光増幅部1の光出力が所望の出力値となるように光増幅部1を制御するものである。入力光レベル検出部4は、入力されてくる光信号の入力光レベルを検出するものである。そして、この制御部3では、入力光レベル検出部4で検出された入力光レベルに応じて、比較処理の際に使用される参照値を変化させることにより、光増幅部1の光出力レベルを制御している（請求項1）。

【0020】また、この場合において、上述の入力レベ

ル検出部 4 は、入力されてくる光信号を受光する受光部と、この受光部で検出された受光情報を多重信号数に応じて予め設定されている補助参照値と比較することにより、制御部 3 へ参照値変更情報を供給する参照値変更情報供給部とをそなえた構成にしてもよい（請求項 2）。

【0021】さらに、上述の入力レベル検出部 4 は、入力されてくる光信号を受光する受光部と、この受光部で検出された受光情報について 2 時点間の受光情報の変化情報を演算する受光変化情報演算部と、この受光変化情報演算部で得られた上記 2 時点間の受光情報の変化情報をトリガ信号として、上記受光部で検出された受光情報を多重信号数に応じて予め設定されている補助参照値と比較することにより、制御部 3 へ参照値変更情報を供給する参照値変更情報供給部とをそなえた構成にしてもよい（請求項 3）。

【0022】次に、図 2 も本発明の原理ブロック図で、この図 2 に示す光増幅装置 11 は、光増幅部 1、光出力モニタ部 2、制御部 3A、多重信号数検出部 5、光源制御部 6 及び補償光信号発生用光源 7 をそなえて構成されている。なお、既述の符号は同一あるいはほぼ同一のものを示しているの、その詳細な説明は省略する。ここで、制御部 3A は、光出力モニタ部 2 でモニタされた光増幅部 1 の光出力と所定の参照値とを比較して、光増幅部 1 の光出力が所望の出力値となるように光増幅部 1 を制御するもので、この所定の参照値は、固定値となっている。

【0023】多重信号数検出部 5 は、入力されてくる光信号の多重信号数情報を検出するものであり、補償光信号発生用光源 7 は、補償光信号を光増幅部 1 の入力側へ供給するものであり、光源制御部 6 は、光増幅部 1 の光出力レベルを所定レベルにするような補償光信号を出力させるべく、多重信号数検出部 5 で検出された多重信号数情報に応じて補償光信号発生用光源 7 を制御するものである（請求項 4、5）。

【0024】そして、この場合において、上述の多重信号数検出部 5 は、入力されてくる光信号を受光する受光部と、この受光部で検出された受光情報から多重信号数情報を検出するフィルタ部とをそなえた構成にしてもよく（請求項 6）、この場合、このフィルタ部は、複数の波長に対応すべく複数のフィルタをそなえて構成することができる（請求項 7）。さらに、上述の多重信号数検出部 5 は、複数の波長に対応しうるように、ろ波波長を可変にしうる波長可変フィルタをそなえたものとして構成することができる（請求項 8）。

【0025】また、上述の多重信号検出部 5 は、入力されてくる光信号について波長を考慮して分光する分光部と、この分光部で分光されたそれぞれの光を独立して受光する受光部とをそなえた構成にすることができる（請求項 9）。さらに、この多重信号検出部 5 は、入力されてくる光信号を受光する受光部と、この受光部で検出さ

れた受光情報から多重信号数情報を出力する多重信号数出力部とをそなえた構成にすることもできる（請求項 10）。

【0026】また、上述の補償光信号発生用光源 7 は、複数の波長に対応すべく複数の光源を有する構成にすることができるほか（請求項 11）、複数の波長に対応しうるように、発信波長を可変にしうる光源を有する構成にすることもできる（請求項 12）。さらに、この補償光信号発生用光源 7 は、管理情報を重畳された補償光信号を光増幅部 1 の入力側へ供給することもできる（請求項 13）。

【0027】次に、図 3 も本発明の原理ブロック図で、この図 3 に示す光増幅装置 12 も、上述の図 2 の光増幅装置 11 と同様に、光増幅部 1、光出力モニタ部 2、制御部 3B、多重信号数検出部 5、光源制御部 6 及び補償光信号発生用光源 7 をそなえて構成されている。この場合、光増幅装置 12 では、入力されてくる光信号の多重信号数情報に応じて、補償光信号を光増幅部 1 の入力側へ供給するとともに、光増幅装置 12 の光出力レベルを制御するように構成されるが（請求項 14）、具体的には、上述の制御部 3B は、多重信号数検出部 5 で検出された上記の入力されてくる光信号の多重信号数情報に応じて、比較処理の際に使用される参照値を変化させることにより、光増幅部 1 の光出力レベルを制御する（請求項 15）。なお、他の既述の符号は同一あるいはほぼ同一のものを示しているの、その詳細な説明は省略する。

【0028】また、上述の多重信号数検出部 5 は、検出された多重信号数情報に応じて、制御部 3B へ参照値変更情報を供給する参照値変更情報供給部をそなえて構成することができる（請求項 16）。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

(a) 第 1 実施形態の説明図 4 は本発明の第 1 実施形態にかかる光増幅装置を示すブロック図で、この図 4 に示すように、光増幅装置 13 は、光増幅部 1、受光器 2、制御部 3、レベル検出部 4、第 1 光分岐回路 8 及び第 2 光分岐回路 9 をそなえて構成されている。

【0030】ここで、第 1 光分岐回路 8 は入力されてくる光信号の一部を分岐するもので、例えば光カプラにより構成されている。光増幅部 1 は、入力されてくる光信号を増幅するもので、例えば、エルビウムドープ光ファイバ（EDF）とこの EDF に励起光を供給するポンピング光源（LD；レーザダイオード）とを組み合わせたものが使用されており、後述する制御部 3 によって制御されるようになっている。

【0031】第 2 光分岐回路 9 は光増幅部 1 からの光信号を一部分岐するもので、この第 2 光分岐回路 9 も、例えば、光カプラにより構成されている。受光器（光出力モニタ部）2 は光増幅部 1 の光出力をモニタするもの

で、具体的には、受光素子を用いて光信号を電気信号に変換するようになっている。制御部3は、受光器2でモニタされた光増幅部1の光出力と所定の参照値とを比較して、光増幅部1の光出力が所望の出力値となるように光増幅部1を制御するもので、比較器30及びポンピング光源制御回路31を有している。

【0032】ここで、比較器30は、受光器2から出力される電気信号と所定の参照値（リファレンス）とを比較するもので、具体的には、後述するレベル検出部4からの出力を参照値として用いるようになっている。ポンピング光源制御回路（PUMP LD 制御回路）31は、比較器30からの出力に基づいて光増幅部1に内蔵されているポンピング光源（PUMP LD；図示略）を制御するもので、受光器2からの出力と所定の参照値との差分が0となるようなフィードバック制御処理を施すようになっている。これにより、各波長の出力電力を一定に保つことが可能となるのである。

【0033】なお、これらの受光器2、制御部3は光増幅装置制御回路として構成され、光増幅部1の利得を制御するように機能している。また、この制御部3は光伝送断のときには、その旨の信号を検出し、一時的に制御処理を停止することができるようになっている。レベル検出部（入力光レベル検出部）4は、入力されてくる光信号の入力光レベルを検出するもので、受光器40、比較器41及びレベル変換部42を有している。

【0034】受光器（受光部）40は、入力されてくる光信号を受光するもので、具体的には、第1光分岐回路8からの光信号を受光素子を用いて電気信号（電気レベル）に変換するようになっている。比較器41は、受光器40で検出された信号を多重信号数（入力波長数）に応じて予め設定されている補助参照値と比較するもので、入力波長数に対応した数の比較回路41-1～41-n（nは自然数）を有しており、入力された信号と予め設定されている補助参照値（REF-1～REF-N；Nは自然数）とを比較することによって、波長多重信号数（波長数）の減少の有無を検出することができるようになっている。即ち、波長数に応じて段階的に制御信号を出力することができるのである。

【0035】例えば、4波多重信号を使用した場合における比較器41の動作について以下、説明する。ここで、比較回路41-1の補助参照値（REF1）には波長数1の信号に応じた値が設定され、比較回路41-2の補助参照値（REF2）には波長数2の信号に応じた値が設定されるとともに、比較回路41-3の補助参照値（REF3）には波長数3の信号に応じた値が設定され、さらに、比較回路41-4の補助参照値（REF4）には、全ての波長数の信号に応じた値が設定されている。

【0036】このとき、例えば、全ての波長の光信号が入力されると、比較回路41-4から、“1”（Hレベル

ル）が後段のレベル変換部42へ出力される（即ち、“0”，“0”，“0”，“1”）。また、波長数2の信号が入力された場合には、波長数2に対応する比較回路41-2から“1”が出力され、他の比較回路41-1，41-3，41-4からは“0”が出力される（即ち，“0”，“1”，“0”，“0”）。

【0037】つまり、この場合は、2つの波長の光信号の入力はあるが、3つ及び4つの波長の光信号は入力されなかったことが検出されるのである。即ち、上述の補助参照値には、ある程度の幅（範囲）をもたせ、受光器40における光電変換後のレベルがその範囲内である場合に出力値を変換するのである。例えば、図5は2波多重信号における検出レベル範囲を説明するための図であるが、この図5に示すように、受信レベル（レジスタ値）が1波の場合（λ1）における検出レベル範囲を図5の区間Aのようにすることができ、これにより、入力光が変動した場合においても波長数を確実に検出できるようになっている。

【0038】つまり、通常時、2波多重信号における入力信号（λ1+λ2）の平均値レベルは図5の区間Bに示す範囲となり、受信した入力信号が区間Bの範囲であるときには2波（λ1+λ2）と検出し、区間Aの範囲であるときには1波（λ1）と検出するようになっている。レベル変換部42は、比較器41で比較された情報を所望のレベルをもった参照値に変換するもので、その出力は上述の比較器30に接続されている。具体的に、このレベル変換部42は、アドレス変換部42A、メモリ制御部42B、メモリ42C、アナログ／デジタル変換回路（A/D）42D及び電圧発生部42Eをそなえて構成されている。

【0039】アドレス変換部42Aは、比較回路41-1～41-nからの信号をそれぞれアドレスに変換するものであり、メモリ42Cは各波長に応じた内容（REF値）を波長別に保持するものであり、アナログ／デジタル変換回路42Dはメモリ42Cからのアナログ情報をデジタル変換するものである。メモリ制御部42Bは、アドレス変換部42Aからのアドレス情報に基づいて、そのアドレスに対応したREF値をメモリ42Cから読み出すものであり、電圧発生部42Eはデジタル変換された信号に基づいて参照電圧を出力するもので、制御部3では、この参照電圧（参照値）を用いて入力光信号との比較を行なっている。以下、制御部3へ入力される電圧発生部42Eからの出力を参照値変更情報という。

【0040】なお、これらの比較器41及びレベル変換部42は参照値変更情報供給部43として構成されている。また、上述の制御部3及びレベル検出部4における回路定数は、正常時（減少した波長のない場合）には、光増幅部1（光増幅装置13）の出力光レベルが所望の値（P）で一定になるように動作し、異常時（波長数が

減少した場合)には、光増幅部1(光増幅装置13)の出力光レベルが $P(N-M)/N$ (N :入力波長数, M :減少波長数)となるように設定されている。従って、入力されてくる光信号の波長多重数が変化した場合においても、所望の値を出力することができるようになっているのである。

【0041】このように、上述の光増幅装置13では、制御部3において、レベル検出部4で検出された入力光レベルに応じて比較処理の際に使用される参照値を変化させることにより、光増幅部1の光出力レベルを制御することができるようになっている。つまり、この入力光レベル(光量)は、多重信号数と大きく相関性をもつものであり、受光レベルの大きさから減少した波長数(多重信号数)を検出することができるようになっているのである。即ち、直接波長数を検出するものに比べて回路構成を複雑化することなく、多重時における1波当たりの出力電力を一定に保つことができるようになっている。

【0042】上述の構成により、本実施形態にかかる光増幅装置13では、図4に示すように、波長多重信号(光信号)が入力されると、その光信号を第1光分岐回路8にて一部分岐したのち、光増幅部1側に分岐された光信号については、光増幅部1において増幅し、第2分岐回路9にてさらに分岐する。その後、第2分岐回路9において受光器2側に分岐された光信号を、受光器2において電気信号に変換して、比較器30で参照値変更情報と比較する。

【0043】なお、このときの参照値変更情報は、第1光分岐回路8にて分岐されたもう一方の光信号に基づきレベル検出部4において生成される。つまり、このレベル検出部4では、第1分岐回路8により分岐された光信号が入力されると、この光信号レベルを受光器40で電気信号に変換したのち、比較回路41-1~41-nにおいてそれぞれ多重信号数に応じて予め設定されている補助参照値と比較し、その比較結果をレベル変換部42において所望のレベルをもった参照値に変換して出力する。このようにして処理されたレベル検出部4からの出力が上記の参照値変更情報となる。

【0044】そして、比較器30では、受光器2からの出力とレベル検出部4において生成される所望のレベルをもった参照値とを比較したのち、この比較結果に基づいてポンピング光源制御回路31を介して光増幅部1のポンピング光源を制御する。これにより、光増幅装置13からの光信号の出力電力のレベルが一定となる。このように、上述の光増幅装置13によれば、入力されてくる光信号の入力光レベルに応じて光増幅部1の利得制御を行なうことができるので、波長多重数が変化した場合においても、直接波長数を検出するものに比べて、回路構成を複雑化することなく、容易に波長多重数を検出することができる。

【0045】従って、本装置の簡素化をはかることができるとともに、装置全体の性能向上に大いに寄与する。また、波長多重数を確実に検出することができるので、各波長における出力電力を一定に保つことができ、光波形の品質を低下させることなく、信頼性の高い伝送品質を確保することが可能となる。なお、上述の比較器41における入力光レベルの比較結果の出力方法は、入力されてきた波長数分(波長合計数)に対応する比較回路(上述の例では、波長数2に対応する比較回路41-2)のみから“1”が出力されるようになっているが、例えば入力されてきた波長数に応じたものである場合には、全て“1”を出力するようにしてもよい。

【0046】即ち、上述の例(波長数2の信号が入力された場合)では、波長数1に対応する比較回路41-1と波長数2に対応する比較回路41-2とから“1”を出力し、比較回路41-3及び41-4からは“0”を出力するようにしてもよい(即ち、“1”、“1”、“0”、“0”)。また、この場合においては、後段のアドレス変換部42Aにおけるアドレスは、前述の場合と同様にそれぞれに対応したアドレスに変換するように設定することができる。

【0047】(a1)第1実施形態の変形例の説明

図6は本発明の第1実施形態の変形例を示すブロック図で、この図6に示すように、光増幅装置14は、光増幅部1、受光器2、制御部3、レベル検出部4A、第1光分岐回路8及び第2光分岐回路9をそなえて構成されている。なお、既述の符号と同一の符号は、同一あるいはほぼ同一のものを示しているので詳細な説明は省略する。

【0048】ここで、レベル検出部(入力光レベル検出部)4Aは、受光器40、増幅器44、アナログ/ディジタル変換回路45、タイマ46A、サンプリング回路46B、メモリ46C、第1比較器46D、第2比較器47及びレベル変換部48をそなえて構成されている。なお、受光器(受光部)40は、図4に示したものと同一あるいはほぼ同一のものであるため、その詳細な説明は省略する。

【0049】増幅器44は、受光器40において光電変換された電気信号を増幅するものであり、アナログ/ディジタル変換回路(A/D)45は、増幅器44からの出力(アナログ信号)をディジタル信号に変換するものである。タイマ46Aは後述するサンプリング回路46Bに所定のサンプリングタイミング信号を出力するものである。

【0050】サンプリング回路46Bは、タイマ46Aからの所望のサンプリングタイミング信号(タイムインターバル)に応じてアナログ/ディジタル変換回路45からのディジタルデータをサンプリングして、後述するメモリ46C、第1比較器46D及び第2比較器47に出力するものである。メモリ46Cは、サンプリング回

13

路46Bからのデータを保持(記憶)するもので、例えばラッチ回路として構成されている。

【0051】第1比較器46Dは、サンプリング回路46Bからの現在の受光情報とメモリ46Cに記憶されている過去の受光情報とを比較するもので、比較した結果、これらの2時点間の受光情報に変化が生じた場合、即ち、現在と過去との多重信号数に差異がみられた場合、トリガ信号を第2比較器47に出力するようになっている。つまり、この第1比較器46Dでは、受光量を時間的な変化に応じて検出することができるようになっているのである。

【0052】なお、これらのタイマ46A、サンプリング回路46B、メモリ46C及び第1比較器46Dは、受光変化情報演算部46として構成されており、この受光変化情報演算部46において上述したような2時点間の受光情報の変化情報を演算するようになっている。第2比較器47は、サンプリング回路46Bからの出力(受光情報)を多重信号数に応じて予め設定されている補助参照値と比較するもので、入力波長数に対応した数の比較回路47-1~47-n(nは自然数)を有している。具体的には、第1比較器46Dからのトリガ信号を受信した場合に、入力された信号と予め設定されている補助参照値(REF-1~REF-N)とを比較するようになっている。

【0053】レベル変換部48は、第2比較器47で比較された情報を所望のレベルをもった参照値に変換するもので、具体的には、図4に示すレベル変換部42と同様に機能するようになっている。そして、この出力(参照値)は制御部3における参照値変更情報として供給するようになっている。なお、これらの第2比較器47及びレベル変換部48は参照値変更情報供給部43Aとして構成されている。

【0054】ところで、図8は本実施形態のレベル検出部4Aにかかる比較処理を説明するための図であるが、この図8に示すように、現在の時刻が $t-1$ である場合、第1比較器46Dにおいてメモリ46Cに記憶されている過去のレベル(時刻 $t-2$ における受光量)とサンプリング回路46Bからの現在のレベル(時刻 $t-1$ における受光量)とを比較する。この場合、受光レベルは等しいので(ともに、 λn ; 初期レベル)、比較結果に差異はないと判断し、第1比較器46Dからはトリガ信号を出力しない(第2比較器47はOFF)。

【0055】その後、時刻が $t0$ となったとき、第1比較器46Dにおいてメモリ46Cに記憶されている過去のレベル(λn ; 時刻 $t-1$ における受光量)とサンプリング回路46Bからの現在のレベル($\lambda n-1$; 時刻 $t0$ における受光量)とを比較する。この場合、受光レベルは異なるので、比較結果に差異があると判断し、第1比較器46Dからトリガ信号を出力して、第2比較器47を起動させる(第2比較器47はON)。

14

【0056】また、上述の図6に示す第2比較器47の各比較回路47-1~47-nは、例えば図7に示すように、ウィンドコンパレータ47A-1~47A-nとして構成されており、この場合、それぞれのウィンドコンパレータ47A-1~47A-nには、参照値が2つ設定されるため(REFiU, REFID; iは自然数)、入力される受光情報が変動した場合でも、比較処理及び検出処理に影響することなく、柔軟に対応できるようになっている。

【0057】つまり、この場合、例えば図9に示すように、第2比較器47における補助参照値のレベル(リファレンスレベル)に幅を持たせてあるため(REF-1; 図9の矢印A参照)、受光量(λn)の経時的な劣化(図9の矢印B参照)に応じた時間的な変化(図9の矢印C参照)に対応することが可能となる。このように、本実施形態では、現在と過去の2時点間の受光情報をサンプリング回路46Bにおいて任意の一定期間にサンプリングし、その2時点間の受光情報に変化が生じた場合に、所定の補助参照値との比較処理を行なうため、受光量の時間的な変化を考慮して、波長多重信号数の減少の有無を検出できるようになっている。

【0058】上述の構成により、本実施形態にかかる光増幅装置14は、図4に上述した光増幅装置13と同様に、波長多重信号(光信号)が入力されると、その光信号を第1光分岐回路8にて一部分岐したのち、光増幅部1側に分岐された光信号については、光増幅部1において増幅し、第2分岐回路9にてさらに分岐する。その後、第2分岐回路9において受光器2側に分岐された光信号を、受光器2において電気信号に変換して、比較器30で参照値変更情報と比較する。

【0059】なお、このときの参照値変更情報は、第1光分岐回路8にて分岐されたもう一方の光信号に基づきレベル検出部4Aにおいて以下のように生成される。つまり、レベル検出部4Aでは、第1光分岐回路8により分岐された光信号が入力されると、その光信号を受光器40で電気信号に変換したのち、増幅器44において増幅し、アナログ/デジタル変換回路45においてデジタル変換する。そして、このデジタル信号をサンプリング回路46Bによってタイマ46Aからのタイミングに基づいてサンプリングし、メモリ46C及び第1比較器46Dへ出力する。

【0060】その後、この第1比較器46Dでは、サンプリング回路46Bからの現在の受光情報とメモリ46Cに記憶されている過去の受光情報との比較を行ない、その結果、これらの2時点間の受光情報に変化が生じた場合には、第2比較器47にトリガ信号を出力する一方、現在の受光情報と過去の受光情報に変化が生じなかった場合には、トリガ信号を出力しない。

【0061】そして、第2比較器47では、第1比較器46Dからのトリガ信号を受けたときには、サンプリング

グ回路46Bからの受光情報と補助参照値とを比較し、その比較結果をそれぞれレベル変換部48において所望のレベルをもった参照値に変換して出力する。このようにして処理されたレベル検出部4Aからの出力が上記の参照値変更情報となる。

【0062】その後、比較器30では、受光器2からの出力とレベル検出部4Aにおいて生成される参照値変更情報とを比較したのち、この比較結果に基づいてポンピング光源制御回路31を介して光増幅部1のポンピング光源を制御する。これにより、光増幅装置14からの光信号の出力電力のレベルが一定となる。このように、上述の光増幅装置14によれば、第1実施形態と同様に簡素な構成をもつという効果を有した上で、さらに、2時点間の受光情報に変化が生じた場合において光増幅部1の利得制御を行なうので、受光量の経時的な変動による影響を受けることなく効率的な比較処理を行なうことができ、本装置の性能向上をはかるとともに、消費電力の削減にも寄与しうる。

【0063】(b)第2実施形態の説明

図10は本発明の第2実施形態にかかる光増幅装置の構成を示すブロック図で、この図10に示す光増幅装置15は、光増幅部1、受光器2、制御部3A、波長監視回路5、光源制御回路6、光源7、第1光分岐回路8、第2光分岐回路9、メモリ50、符号化回路51、発振器52、駆動回路53及び合波器70をそなえて構成されている。なお、既述の符号と同一の符号は、同一あるいはほぼ同一のものを示しているもので、その詳細な説明は省略する。

【0064】ここで、制御部3Aは、受光器2でモニタされた光増幅部1の光出力と所定の参照値とを比較して、光増幅部1の光出力が所望の出力値となるように光増幅部1を制御するもので、比較器30A及びポンピング光源制御回路(PUMP LD 制御回路)31を有している。比較器30Aは、受光器2から出力される電気信号と所定の参照値(リファレンス)とを比較するもので、上述した第1実施形態とは異なり、この所定の参照値を固定値としている。なお、ポンピング光源制御回路31については、上述と同一あるいはほぼ同一のものを示しているもので、その詳細な説明は省略する。また、この制御部3Aも光伝送断のときには、その旨の信号を検出し、一時的に制御処理を停止することできるようになっている。

【0065】波長監視回路(多重信号数検出部)5は、入力されてくる光信号の多重信号数情報を検出するもので、図11に示すように、受光器500、フィルタ部501、比較器502及び論理回路503をそなえて構成されている。受光器(受光部)500は、入力されてくる光信号を受光するものであり、フィルタ部501は受光器500で検出された受光情報から多重信号数情報を検出するもので、具体的には、複数の波長に対応すべく

複数のバンドパスフィルタ501-1~501-n(nは自然数)を有しており、重畳された信号成分(例えば、後述する図25の発振器84-1~84-4からのf1~f4)を切り出すようになっている。

【0066】つまり、光伝送システムの受信側である光増幅装置13にフィルタ部501を設けるときには、これに対応する端局の送信側に、例えば図25に示すように、発振器84-1~84-4を設けるようになっている。なお、図25に示す光伝送システムは、4波多重送信部の一例を示すものであり、既述の符号と同一の符号は同一のものあるいはほぼ同一のもの(図27参照)を示しているもので、その詳細な説明は省略する。

【0067】具体的に、図25に示す4波多重送信部では、それぞれの波長($\lambda 1 \sim \lambda 4$)をもつ光信号に対して、発振器84-1~84-4により周波数(f1~f4)を主信号(DATA1~DATA4)に重畳するようになっていると、これらの変調光信号は合波器85において多重されたのち、光増幅器へ出力されるようになっている。

【0068】また、図11に示す比較器502は、フィルタ部501からの出力を所定の参照値に基づいて比較するもので、複数の波長に対応すべく複数の比較回路502-1~502-n(nは自然数)を有している。そして、この各比較回路502-1~502-nでは、入力された多重信号とそれぞれの参照値とを比較して入力信号の波長成分の有無を検出するようになっている。つまり、この比較器502からの出力(波長情報)は光増幅装置15に到達している波長数に相当している。

【0069】具体的には、比較器502では、入力された多重信号とそれぞれの参照値との比較結果に差がない場合(波長数の減少がない場合)には、“0”(Lレベル)を出力する一方、比較結果に差がある場合(波長数が減少した場合)には、“1”(Hレベル)を出力するようになっている。例えば、4波多重信号を使用した場合における比較器502の動作について説明する。ここで、比較回路502-1の所定の参照値には波長 $\lambda 1$ の信号に応じた値が設定され、比較回路502-2の所定の参照値には波長 $\lambda 2$ の信号に応じた値が設定されるとともに、比較回路502-3の所定の参照値には波長 $\lambda 3$ の信号に応じた値が設定され、さらに、比較回路502-4の所定の参照値には波長 $\lambda 4$ の信号に応じた値が設定されている。

【0070】このとき、例えば、全ての波長の光信号が入力されると、各比較回路502-1~502-4からは、全て“0”が出力され、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の信号が入力された場合には、入力の無かった波長 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ に対応する比較回路502-3、502-4から“1”が出力される(即ち、“0”、“0”、“1”、“1”)。また、この比較器502による比較結果は、波長情報(λ 情報)として後述する符号化回路51及び光源制御

回路6へ出力されるとともに、波長有無の判定情報として後述する論理回路503にも出力されるようになってい

【0071】論理回路(OR)503は、比較器502からの出力に論理和演算処理を施すもので、具体的には、OR回路によって構成されており、比較回路502-1~502-nから何れか1つでも“1”が出力されると、“1”(Hレベル)を出力するようになってい

る。つまり、この論理回路503では、入力されなかった波長(以下、無入力波長ということがある)の有無を検出することができるのである。

【0072】そして、この論理回路503からの出力信号は、後述するように、発振器52、駆動回路53及び光源制御回路6における作動開始の制御を行なうようになっている(電源ON/OFF制御)。メモリ50は、入力されてくる複数波長の多重信号数の全波長情報とこの光増幅装置15が内蔵されている中継器の識別番号(中継器ID)とを保持しているもので、後述する符号化回路51から要求された情報を出力するようになってい

る。

【0073】符号化回路51は、波長監視回路5から出力される波長情報を符号化するもので、この光増幅装置15の中継器IDと無入力波長に相当する波長情報(波長コード)をメモリ50から任意に読み出すようになっている。なお、この符号化回路51は、後述する発振器52からの信号に基づいて符号化を行なうようになっている。

【0074】発振器52は符号化回路51における符号化を行なうときの伝送速度を決定するためのもので、波長監視回路5からの電源ON情報に基づいて符号化回路51にタイミング信号を出力するようになっている。駆動回路(変調回路)53は後述する光源7を変調するもので、この駆動回路53も波長監視回路5からの電源ON情報に基づいて起動するようになっている。

【0075】光源制御回路(光源制御部)6は、光増幅部1の光出力レベルを所定レベルにするような補償光信号を出力させるべく、波長監視回路5で検出された多重信号数情報に応じて光源7(後述するように、この光源7は複数の光源からなる)を制御するもので、入力されなかった波長をもつ光信号に相当する光源を選択して起動させるようになっている。

【0076】なお、この光源制御回路6も、波長監視回路5からの電源ON情報に基づいて起動するようになっている。つまり、上述の発振器52、駆動回路53及び光源制御回路6は、入力されなかった波長が検出されたときにのみ、波長監視回路5から電源ON情報を受けて起動するようになっているのである。また、光源7を起動したあとの光源制御回路6での起動制御は、温度及び電流に基づいて行なわれている。

【0077】光源(補償光信号発生用光源)7は、補償

光信号を光増幅部1の入力側へ供給するもので、具体的には、図18に示すように、複数の波長(伝送システムにて用いる全ての波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$)に対応すべく $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長の光信号を発生する複数の光源7-1~7-n(n は自然数)を有しており、入力信号の波長数が減少した場合には、その減少した波長に相当する波長の光信号を出力する光源7-1~7-nから補償光信号として光増幅部1の入力側へ供給するようになっている。

【0078】換言すると、この光源7-1~7-nでは、波長監視回路5において非運用と判定された波長(無入力波長)と同じ波長の光信号を出力するようになっているのである。なお、上述の補償光信号には波長監視回路5、メモリ50及び符号化回路51により求められた情報(管理情報)が重畳されている。また、図18に示す71は光カプラであり、この光カプラ71において光源7-1~7-nからの光信号を多重するようになっている。そして、この光カプラ71からの出力は、光増幅部1の入力側(図10においては、光増幅部1の前段である合波器70)へ接続されている。

【0079】合波器70は、光源7からの補償光信号と第1光分岐回路8からの入力光信号とを合波するもので、具体的には、第1光分岐回路8からの入力光信号の減少している波長数分の光信号を、この光源7からの補償光信号によって補うようになっている。従って、この合波器70からの出力は常に一定の光量となるため、光増幅部1における光出力レベルを所定のレベルに維持することができるようになっている。なお、この図10においては、光源7からの光信号は、光増幅部1の前段である合波器70に入力されているが、光増幅部1の入力側であれば何れの位置でも可能である。

【0080】また、上述の光増幅装置15では、入力される光信号の多重信号数を監視し、その情報に基づいて上述したような補償光信号を出力しているため、その出力された補償光信号の管理情報から、端局20A~20C(図23参照)において各中継器(図23では、中継器20D)の状況(無入力波長数)を把握できるようになっているのである。

【0081】上述の構成により、本実施形態にかかる光増幅装置15では、図10に示すように、波長多重信号(光信号)が入力されると、その光信号を第1光分岐回路8にて一部分岐したのち、波長監視回路5側へ分岐された光信号については、図11を用いて上述したように、受光器500で電気信号に変換したのち、フィルタ部501において重畳された信号成分を切り出し、比較器502においてそれぞれ設定された参照値と比較する。そして、その比較結果は、波長情報として符号化回路51及び光源制御回路6へ出力するとともに、波長有無の判定情報として論理回路503へ出力する。

【0082】ここで、波長数が減少した場合における波長監視回路5及びその周辺の動作について以下説明す

る。例えば、波長 λ_2 の光信号が入力されなかった場合、波長監視回路5においては、比較回路502-2からは“1”が出力され、その他の比較回路502-1、502-3〜502-nからは“0”が出力される。そして、この出力は後段の符号化回路51、光源制御回路6及び論理回路503へ送信される。

【0083】即ち、比較器502-1からの出力に基づき、論理回路503からは、電源ON情報が発振器52、駆動回路53及び光源制御回路6へ出力される。これにより、符号化回路51では、発振器52からのタイミング信号に基づいてこの光増幅装置15が設置されている中継器1Dと波長 λ_2 に相当する波長情報（波長コード）をメモリ50から読み出し、それらを符号化する。また、光源制御回路6では、駆動回路53からの駆動操作に基づいて、波長 λ_2 に相当する光信号を光源7-2から出力させる。

【0084】その後、光源7-2から出力された補償光信号は、合波器70において第1光分岐回路8からの入力光信号と合波され、この合波された光信号は、光増幅部1において、受光器2及び制御部3によって処理された制御信号に基づいて利得制御が施され、所定の光信号として出力される。このように、上述の光増幅装置15によれば、入力されてくる光信号の多重信号数に応じて、補償光信号を光増幅部1の入力側へ供給しているので、既存の光増幅部1のフィードバック制御系の回路構成を変更することなく、各波長の出力電力を一定に制御することができる。

【0085】(b1)第2実施形態における波長監視回路5の変形例の説明

上述の第2実施形態にかかる光増幅装置15は、入力されてくる光信号の多重信号数情報を検出する手段として波長監視回路5が用いられているが、この多重信号数情報を検出する手段（態様）として、例えば、以下の3つの手段〔変形例(A)〜(C)〕を用いることができる。

【0086】(A)波長監視回路5の第1変形例

上述の第2実施形態では、フィルタ部501が複数の波長に対応すべく複数のフィルタを有する波長監視回路5について詳述したが、例えば、図12に示すように、ろ波波長を可変にする波長可変フィルタ504を有する波長監視回路5Aを用いても本発明は適用できる。この場合、波長監視回路5Aは、波長可変フィルタ504のほかにフィルタ掃引回路505、受光器506及び波長検出回路507をそなえて構成されている。

【0087】ここで、フィルタ掃引回路505は、波長可変フィルタ504のろ波波長を一定周期で掃引（スイープ）するもので、波長可変フィルタ504のろ波波長に対応するような所望の信号（フィルタ掃引電圧； V_{sp} ）を与えることにより、波長可変フィルタ504のろ波波長を決定するようになっている。具体的に、上記の

フィルタ掃引電圧と波長可変フィルタ504のろ波波長は、図14に示すように1対1で対応している。例えば、フィルタ掃引電圧1Vのときは波長 λ_1 の信号を通過させる波長が設定され、2Vのときは波長 λ_2 の信号を通過させる波長が設定されるようになっている。

【0088】なお、このフィルタ掃引回路505は、実際に使用される波長のみを選択するようにステップ状に掃引してもよく（例えば、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ を使用する場合、波長 λ_5 以上のフィルタは選択しない）、リニアに掃引するようにしてもよい（即ち、全ての波長を順にスイープするようにする）。さらに、このフィルタ掃引回路505では、スイープするときのタイミングをタイミング信号（Timing CLK）として後述する波長検出回路507へ出力するようになっている〔タイミング信号；図15(a)参照〕。

【0089】受光器506は、波長可変フィルタ504を介して入力された光信号を受光して、電気信号に変換するもので、その出力（ V_{pd} ）は後述する波長検出回路507へ出力されている。波長検出回路507は、フィルタ掃引回路505からのタイミング信号と受光器506からの出力に基づいて、入力されなかった波長を検出するもので、例えば、図13に示すように、波形整形回路507A、排他的論理和回路507B、ゲート回路（GATE）507C、メモリ507D、メモリ読み出し回路507E、カウンタ507F及びカウンタリセット回路507Gをそなえて構成されている。

【0090】ここで、波形整形回路507Aは、受光器506から入力されてくる信号の波形を矩形波に整形するもので〔電圧 $V_{pd}-2$ ；図15(b)参照〕、所定の参照値（ $Ref1$ ）に基づいて整形されるようになっている。つまり、入力されてくる信号がこの参照値を超える場合は“1”（Hレベル）を出力し、参照値を超えない場合は“0”（Lレベル）を出力するようになっているのである。なお、図15は入力されてくる多重信号の総波長数が“4”（ $\lambda_1 \sim \lambda_4$ ）である場合を示しており、この場合、波長 λ_3 の信号が入力されなかったことを示している。

【0091】排他的論理回路（EXOR）507Bは、比較器502からの出力とフィルタ掃引回路505からのタイミング信号とに排他的論理和演算処理を施すもので、入力されなかった波長（欠落した波長）に対してビットが立つ（“1”が出力される）ようになっている〔電圧 V_f ；図15(c)参照〕。そして、このとき、同時に後段の発振器52、駆動回路53及び光源制御回路6へON情報も出力するようになっている。

【0092】カウンタ507Fは、フィルタ掃引回路505からのタイミング信号に基づいてカウンタ値を出力するもので、例えば、入力されてくる多重信号の総波長数が4である場合には、“1〜4”というカウント値を後述するゲート回路507C及びカウンタリセット回路

507Gへ出力するようになっている。即ち、波長 λ_1 のときには“1”を出力し、波長 λ_2 のときには“2”を出力する。

【0093】カウンタリセット回路507Gは、カウンタ数が満たされたときにリセット信号(“0”)を出力するもので、例えば、入力信号の総多重数が“4”の場合、“4”までカウントされると、カウンタ507Fと後述するメモリ読み出し回路507Eをリセットするようになっている。ゲート回路507Cは、排他的論理回路507Bから“1”が出力されたときに“1”を出力する(ゲートを開く)もので、カウンタ507Fからのカウンタ値に基づいて出力されるようになっている。例えば、4波多重信号のうち波長 λ_3 の信号が入力されなかった場合には、カウンタ507Fからのカウンタ値“3”のとき、入力されなかった波長 λ_3 に基づく信号(“1”)がメモリ507Dに出力される。なお、上述の排他的論理回路507Bから出力されるON情報は、このゲート回路507Cから出力されるようにしてもよい。

【0094】メモリ507Dは、ゲート回路507Cから出力される信号を記憶するものである。メモリ読み出し回路507Eは、カウンタリセット回路507Gからのリセット信号をトリガとしてメモリ507Dに記憶されている情報を読み出すもので、メモリ読み出し回路507Eによって読み出された情報は、 λ 情報として符号化回路51及び光源制御回路6へ出力されるようになっている。

【0095】このように、図12に示す波長監視回路5Aでは、第1光分岐回路8から光信号が入力されると、この光信号を波長可変フィルタ504を介したのち受光器506にて光電変換し、波長検出回路507において受光器506からの電気信号とフィルタ掃引回路505からのタイミング信号とに基づいて図13にて上述したような入力されなかった波長の検出を行なう。

【0096】具体的に、総波長数が“4”の多重信号において波長 λ_3 が入力されなかった場合について説明すると、波長検出回路507では、まず、受光器506からの出力(V_{pd})を受けると、その出力を波形整形回路507Aにおいて矩形波に整形し〔図15(b)参照〕、排他的論理回路507Bにおいてこの矩形波とフィルタ掃引回路505から出力されるタイミングクロック〔図15(a)参照〕との排他的論理和をとることにより、欠落した波長に対するビットを出力する〔 V_f ；図15(c)参照〕。

【0097】一方、フィルタ掃引回路505からのタイミングクロックに基づいて、カウンタ507Fではカウンタを数え、ゲート回路507Cでは、このカウンタに応じて排他的論理回路507Bからの出力(V_f)が“1”のときにゲートを開き、その時点におけるカウンタ値がメモリ507Dに記憶される。ここでは、カウン

タ数3が記録される。

【0098】そして、カウンタリセット回路507Gでは、カウンタ507Fからのカウンタ数が4になったときにカウンタ507Fを“0”にリセットするとともに、リセット信号をメモリ読み出し回路507Eに送出し、メモリ読み出し回路507Eでは、これをトリガ信号としてメモリ読み出しを行なう。この情報が λ 情報として符号化回路51及び光源制御回路6へ出力される。

【0099】このように、上述の波長監視回路5Aによれば、ろ波波長を可変にしうる波長可変フィルタ504を用いて欠落波長を検出することができるので、回路構成の縮小化をはかることができ、本装置の軽量化に大いに寄与する。

(B) 波長監視回路5の第2変形例

上述の第2実施形態及び(A)の第1変形例では、フィルタを有する波長監視回路5、5Aについて詳述したが、例えば、図16に示すように、複数の波長に対応すべく複数の受光器509-1~509-nを有する波長監視回路5Bを用いても本発明は適用できる。この場合、波長監視回路5Bは、分光器508、受光部509及び論理回路510をそなえて構成されている。

【0100】ここで、分光器508は、入力されてくる光信号について波長を考慮して分光するものであり、受光部509は分光器508で分光されたそれぞれの光を独立して受光するもので、複数の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ に対応すべく複数の受光器509-1~509-nにより、受光素子を用いて光信号を電気信号に変換するようになっている。

【0101】そして、この各受光器509-1~509-nからの出力は、上述した図11及び図12と同様に、波長情報(λ 情報)として、符号化回路51及び光源制御回路6へ出力されている。また、波長有無の判定情報として後述する論理回路510に出力するようになっている。なお、この論理回路510は受光部509からの出力に論理和演算処理を施すもので、上述した論理回路503(図11参照)と同様に、入力されなかった波長の有無を検出することができるようになっている。

【0102】このように、上述の波長監視回路5Bによれば、入力されてくる光信号をそれぞれ独立して受光することができるので、この場合においても波長情報を確実に検出ことができ、本装置のシステム構築の際の柔軟性に大いに寄与する。

(C) 波長監視回路5の第3変形例

上述の第2実施形態では、入力されてくる光信号の多重信号数情報を検出する波長監視回路5(図11参照)について詳述したが、例えば、図17に示すように、入力光レベルを検出する波長監視回路5Cを用いても本発明は適用できる。

【0103】この場合、波長監視回路5Cは、受光器511、比較器512、論理回路513及び波長情報供給

部 519 をそなえて構成されている。なお、受光器 511 及び論理回路 513 は、図 11 に示す受光器 500 及び論理回路 503 と同様に機能するものであるため、その詳細な説明は省略する。ここで、比較器 512 は受光器 511 からの出力を所定の参照値に基づいて比較するもので、複数の波長（伝送システムにて用いる全ての波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ ）に対応すべく複数の比較回路 512-1 ~ 512-n を有しており、この比較器 512 では受光器 511 で受光した光信号の入力レベルから各波長を検出するようになっている。

【0104】波長情報供給部 519 は比較器 512 で比較された入力光レベルに基づいて波長情報を出力するもので、具体的に、この波長情報供給部 519 は、アドレス変換部 519A、メモリ制御部 519B 及びメモリ 519C をそなえて構成されている。アドレス変換部 519A は、比較回路 512-1 ~ 512-n からの信号をアドレスに変換するものであり、メモリ 519C は各波長に応じた波長情報を波長別に保持するものである。メモリ制御部 519B は、アドレス変換部 519A からのアドレス情報に基づいて、そのアドレスに対応した波長情報をメモリ 519C から読み出すもので、このメモリ 519C からの波長情報は、符号化回路 51 及び光源制御回路 6 へ出力されている。

【0105】このように、この図 15 に示す比較器 512、論理回路 513 及び波長情報供給部 519 は、多重信号数出力部として構成され、受光器 511 で検出された受光情報（受光レベル）から多重信号数情報（波長情報）を出力するようになっているのである。従って、上述の波長監視回路 5C によれば、入力光レベルを検出することができるので、直接波長数を検出するものに比べて、回路構成を簡素化することができ、本装置の軽量化及びコストの低減に寄与しうる。

【0106】(b2) 第 2 実施形態における光源 7 の変形例の説明

ここでは、上述の第 2 実施形態における光源 7 の変形例について述べる。第 2 実施形態では、図 18 に示すように、複数の波長に対応すべく複数の光源 7-1 ~ 7-n を有する光源 7 について詳述したが、例えば、図 19 に示すように、複数の波長に対応しうるように、発信波長を可変にしうる光源 7A を用いても本発明は適用できる。

【0107】この場合、光源 7A には複数の波長可変光源 7A-1 ~ 7A-m ($m < n$; 伝送システム運用時の“全波長数-最低運用波長数”分) が設けられており、この波長可変光源 7A-1 ~ 7A-m では、光源制御回路 6A からの制御信号に基づいて入力されなかった波長に相当する波長の光信号に変えて出力するようになっている。従って、この光源制御回路 6A では温度や電流に基づいて制御するほか、波長情報に応じた制御信号を出力するようになっている。また、図 19 に示す 72 は

光カプラであり、この光カプラ 72 は波長可変光源 7A-1 ~ 7A-m から出力された光信号を多重するものである。

【0108】このように、この図 19 に示す光源 7A によれば、発信波長を可変にしうるように構成されているため、回路構成の縮小化をはかることができ、ひいては装置全体の縮小化に寄与しうる利点がある。

(b3) その他

なお、上述の光源 7A に設けられた波長可変光源 7A-1 ~ 7A-m を、それぞれ上述の第 2 実施形態に用いられたような波長毎に固定されている通常的光源 7 (図 18 参照) にしてもよく、この場合、波長の制御はこれらの光源の温度を変化させることにより行なうようになっている (一般に $0.1 \text{ nm}/^\circ\text{C}$)。即ち、設定されていない波長の光信号に対しては、設定されている他の光源の温度を変化させることにより、対応することができるようになっている。

【0109】従って、図 18 に示すような波長毎に固定されている通常的光源 7 を用いた場合に比べて設置数を低減することができるとともに、図 19 に示すような波長可変光源 7A-1 ~ 7A-m を用いた場合に比べてコスト低減をはかることができるので、この場合も本装置の縮小化及び軽量化に大いに寄与しうる。さらに、上述の第 2 実施形態では、光源 7、7A にそれぞれ複数の光源 7-1 ~ 7-n、7A-1 ~ 7A-m をそなえているが、1 つだけそなえるようにしてもよく、この場合も、入力されない波長（断波長）分はその 1 つの光源の電流を増加させることにより、光増幅部 1 への入力総電力（入力トータル電力）を正常時と合わせることができ

る。なお、この場合も波長制御は温度で行なうようになっている。

【0110】つまり、1 波分の光源で他の波長についても代用することができるので、この場合においても回路構成の縮小化を大幅に向上させることができる。

(c) 第 3 実施形態の説明

図 20 は本発明の第 3 実施形態にかかる光増幅装置の構成を示すブロック図で、この図 20 に示す光増幅装置 16 は、上述の図 10 に示した第 2 実施形態における光増幅部 1 に利得制御の改良を施したものである。

【0111】つまり、第 2 実施形態においては、入力されなかった信号の波長多重数からその不足分を補償光信号として入力光信号に補なうことにより、既存の光増幅部 1 を用いるようにしたもので、これに対し、第 3 実施形態では入力光信号の不足分を補償光信号で補なうとともに、入力光信号の波長多重数（入力光レベル）に基づいて光増幅部 1 の利得制御も行なうようにしたものである。

【0112】ここで、図 20 に示す制御部 3B は、図 4 及び図 10 において上述した制御部 3、3A と同様に、受光器 2 でモニタされた光増幅部 1 の光出力と所定の参

25

照値とを比較して、光増幅部1の光出力が所望の出力値となるように光増幅部1を制御するもので、比較器30B及びポンピング光源制御回路(PUMP LD 制御回路)31をそなえて構成されている。具体的に、この比較器30Bでは後述する波長監視回路5Dからの出力を参照値として受光器2からの出力を比較するようになっている。

【0113】波長監視回路5Dは入力されてくる光信号の多重信号数情報を検出するもので、図21に示すように、受光器500、フィルタ部501、比較器502、論理回路503、参照値変更情報供給部514をそなえて構成されている。つまり、この図21に示す波長監視回路5Dは、上述の図11に示す波長監視回路5に参照値変更情報供給部514を付加した構成となっている。

【0114】ここで、参照値変更情報供給部514は、検出された多重信号数情報に応じて、制御部3Bへ参照値変更情報を供給するもので、加算器514A及びレベル変換部514Bを有している。加算器514Aは複数の比較回路502-1~502-nからの出力を加算するものである。レベル変換部514Bは、加算器514Aで加算された情報を所望のレベルをもった参照値に変換するもので、具体的に、このレベル変換部514Bは、上述の図4に示したレベル変換部42と同様に機能するようになっている。そして、このレベル変換部514Bからの出力(参照値変更情報)は、上述の制御部3Bに接続され、制御部3Bでは比較器30Bにおいて参照値として用いられている。

【0115】このように、第3実施形態では、入力されてくる光信号の多重信号数情報に応じて補償光信号を光増幅部1の入力側に供給し、光出力レベルを所定のレベルに制御するとともに、多重信号数情報(入力光レベル)に応じて光増幅部1の利得制御も行なうようになっているのである。なお、上述に記載した第3実施形態における技術は、補償光信号の供給と光増幅部1の利得制御とを併用することにより、補償光信号が正常に起動するまで(過渡状態)に要していた時間を、より応答性の早いフィードバック系の制御処理によって短縮できるようにしたものであるが、このほかに、次のように機能することも可能である。

【0116】つまり、図20に示す光増幅装置16において、光源7が1つの光源(1波分の光信号のみを出力する)から構成されている場合、入力光信号が2波以上減少したときには光源7からは1波分のみしか光信号を出力することができない。そのため、それ以上の波長分については制御部3Bへ参照値を変更するようにして、光増幅制御を行なうようになっているのである。

【0117】換言すると、不足分の光信号に対する波長分については、制御部3Bにおける光増幅部1の利得制御(フィードバック系の制御処理)を行なうことにより、光源7を1つそなえた簡素な構成においても、十分

26

に対応することができるのである。即ち、設置された光源7の数(補償光信号の量)に関わらず、光増幅制御を行なうことができるといえる。

【0118】従って、上述の光増幅装置16によれば、多重信号数情報に基づく補償光信号の供給と光増幅装置16の利得制御との両手段を併用して行なうことができるので、補償光信号が正常に起動するまで(過渡状態)に要していた時間を、より応答性の早いフィードバック系の制御処理によって短縮することが可能になる。さらに、設置された光源7の数(補償光信号の量)に関わらず、不足分の光信号に対する波長分をフィードバック系の制御処理によって調整することもできるので、回路構成の縮小化をはかることができ、ひいてはシステム構築の際の柔軟性に寄与しう。

【0119】(c1)第3実施形態における波長監視回路5Dの変形例の説明

上述の第3実施形態にかかる光増幅装置16では、入力されてくる光信号の多重信号数情報を検出する手段として波長監視回路5Dが用いられているが、この多重信号数情報を検出する手段(態様)として、例えば、この場合も以下の3つの手段〔(A)~(C)〕を用いることができる。

【0120】(A)波長監視回路5Dの第1変形例

上述の第3実施形態では、フィルタ部501が複数の波長に対応すべく複数のフィルタを有する波長監視回路5Dについて詳述したが、例えば、図22に示すように、ろ波波長を可変に示る波長可変フィルタ504を有する波長監視回路5Eを用いても本発明は適用できる。この場合、波長監視回路5Eは、波長可変フィルタ504のほかにフィルタ掃引回路505、受光器515、波長検出回路507及び平滑回路516をそなえて構成されている。

【0121】つまり、この波長監視回路5Eは、図12に示した波長監視回路5Aに平滑回路516を付加した構成となっているのである。また、受光器515は波長可変フィルタ504を介して入力された光信号を受光して電気信号に変換するもので、波長検出回路507及び後述する平滑回路516に出力される。

【0122】即ち、波長可変フィルタ504で入力波長の全ての有無を検出するには、所要の時間(一定周期)を要するが、このように、波長可変フィルタ504からの時間幅をもった波長検出情報が受光器515から電気信号として出力され、波長検出回路507及び後述する平滑回路516へ出力される。そして、平滑回路516は、受光器515からの出力(この出力は波長可変フィルタ504からの時間幅をもった波長検出情報を有している)に平均化処理を施すもので、この出力が制御部3Bにおいて波長多重数に応じた参照値として用いられるようになっている。

【0123】つまり、平滑回路516は、シフトレジス

タ等のメモリを用いなくても簡素な構成で波長多重数に応じた参照値を出力することができるのである。従って、この波長監視回路5Eでは、ろ波波長を可変にする波長可変フィルタ504を用いて波長検出及び波長多重数に応じた参照値が得られるので、この場合も回路構成の縮小化をはかることができ、ひいては装置全体の縮小化及び軽量化に大いに寄与するほか、シフトレジスタ等のメモリを用いなくても簡素な構成で波長多重数に応じた参照値を出力することができる。

【0124】(B) 波長監視回路5Dの第2変形例

上述の第3実施形態及び(A)の第1変形例では、複数のフィルタ501-1~501-nを有する波長監視回路5D及び波長可変フィルタ504を有する波長監視回路5Eについて詳述したが、例えば、図23に示すように、複数の波長に対応すべく複数の受光器509-1~509-nを有する波長監視回路5Fを用いても本発明は適用できる。つまり、波長監視回路5Fは、上述の図16に示す波長監視回路5Bに参照値変更情報供給部517を付加した構成となっている。

【0125】ここで、参照値変更情報供給部517は、検出された多重信号数情報に応じて、制御部3Bへ参照値変更情報を供給するもので、加算器517A及びレベル変換部517Bを有している。そして、この加算器517Aは複数の受光器509-1~509-nからの出力を加算するものであり、レベル変換部517Bは、加算器514Aで加算された情報を所望のレベルをもった参照値に変換するものである。具体的に、このレベル変換部517Bは、上述の図4に示したレベル変換部42と同様に機能するようになっており、その出力(参照値変更情報)は上述の制御部3Bに接続され、制御部3Bでは比較器30Bにおいて参照値として用いられている。

【0126】つまり、上述の波長監視回路5Fによれば、入力されてくる光信号をそれぞれ独立して受光することができるので、この場合においても波長情報を確実に検出ことができ、本装置のシステム構築の際の柔軟性に大いに寄与する。

(C) 波長監視回路5Dの第3変形例

上述の第3実施形態では、入力されてくる光信号の多重信号数情報を検出する波長監視回路5D(図21参照)について詳述したが、例えば、図24に示すように、入力光レベルを検出するとともに、フィードバック系の参照値の変更も行なう波長監視回路5Gを用いても本発明は適用できる。

【0127】つまり、この波長監視回路5Gは、上述の図17に示す波長監視回路5Cにレベル変換部518を付加した構成となっている。また、このレベル変換部518は、上述の図4に示したレベル変換部42と同様に機能するため、その説明については省略する。従って、上述の波長監視回路5Gでは、入力光レベルを検出する

ことができるので、直接波長数を検出するものに比べて、回路構成を簡素化することができ、この場合も本装置の軽量化及びコストの低減に寄与する。さらに、この波長監視回路5Gは、フィードバック系の参照値も変更することができるので、同様に、装置全体の迅速化をはかることができる。

【0128】(d) その他

なお、上述の第2実施形態及び第3実施形態における波長監視回路5、5A~5Gや光源7(7-1~7-n)、7A(7A-1~7A-m)は、上述の組み合わせに限らず、自由に組み合わせることが可能である。そのため、使用する条件等に応じて必要な回路を構成することができ、本装置のシステム構築の際の柔軟性に大いに寄与する。

【0129】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の光増幅装置によれば、入力されてくる光信号の入力光レベルに応じて光増幅部の利得制御を行なうことができるので、波長多重数が変化した場合においても、直接波長数を検出するものに比べて回路構成を複雑化することなく、容易に波長多重数を検出することができる。従って、本装置の簡素化をはかることができ、装置全体の性能向上に大いに寄与する。

【0130】また、波長多重数を確実に検出することができるので、各波長における出力電力を一定に保つことができ、光波形の品質を低下させることなく、信頼性の高い伝送品質を確保することが可能となる。(以上、請求項1、2)。さらに、本発明によれば、簡素な構成をもつという効果を有した上で、さらに、2時点間の受光情報に変化が生じた場合において光増幅部の利得制御を行なうので、受光量の経時的な変動による影響を受けることなく効率的な比較処理を行なうことができ、本装置の性能向上をはかるとともに、消費電力の削減にも寄与する(請求項3)。

【0131】また、本発明によれば、入力されてくる光信号の多重信号数に応じて、補償光信号を光増幅部の入力側へ供給しているので、既存の光増幅部のフィードバック制御系の回路構成を変更することなく、各波長の出力電力を一定に制御することができる(請求項4~7、11、13)。さらに、本発明によれば、ろ波波長を可変にする波長可変フィルタを用いて欠落波長を検出することができるので、回路構成の縮小化をはかることができ、本装置の軽量化に大いに寄与する(請求項8)。

【0132】また、本発明によれば、入力されてくる光信号をそれぞれ独立して受光することができるので、この場合においても波長情報を確実に検出することができ、本装置のシステム構築の際の柔軟性に大いに寄与する(請求項9)。さらに、本発明によれば、入力光レベルに応じて補償光信号を制御することができるので、直接波長数を検出するものに比べて、回路構成を簡素化

することができ、本装置の軽量化及びコストの低減に寄与しうる（請求項10）。

【0133】また、本発明によれば、ろ波波長を可変にしうる波長可変フィルタを用いて波長検出及び波長多重数に応じた参照値が得られるので、この場合も回路構成の縮小化をはかることができ、ひいては装置全体の縮小化及び軽量化に大いに寄与しうる（請求項12）。さらに、本発明によれば、多重信号数情報に基づく補償光信号の供給と光増幅装置の利得制御との両手段を併用して行なうことができるので、補償光信号が正常に起動するまで（過渡状態）に要していた時間を、より応答性の早いフィードバック系の制御処理によって短縮することが可能になるとともに、設置された光源の数（補償光信号の量）に関わらず、不足分の光信号に対する波長分をフィードバック系の制御処理によって調整することができるので、回路構成の縮小化をはかることができ、ひいてはシステム構築の際の柔軟性に寄与しうる（請求項14～16）。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理ブロック図である。

【図2】本発明の原理ブロック図である。

【図3】本発明の原理ブロック図である。

【図4】本発明の第1実施形態にかかる光増幅装置の構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の第1実施形態にかかる2波多重信号における検出レベル範囲を説明するための図である。

【図6】本発明の第1実施形態にかかる光増幅装置の第1変形例を示すブロック図である。

【図7】本発明の第1実施形態の第1変形例にかかるウインドコンパレータの構成を示すブロック図である。

【図8】本発明の第1実施形態の第1変形例にかかる入力光レベル検出部における比較処理を説明するための図である。

【図9】本発明の第1実施形態の第1変形例にかかる入力光レベル検出部における比較処理の他の例を説明するための図である。

【図10】本発明の第2実施形態にかかる光増幅装置の構成を示すブロック図である。

【図11】本発明の第2実施形態にかかる多重信号数検出部の内部構成を示すブロック図である。

【図12】本発明の第2実施形態にかかる多重信号数検出部の第1変形例の構成を示すブロック図である。

【図13】図12に示す多重信号数検出部にかかる波長検出回路の内部構成を示すブロック図である。

【図14】図12に示す多重信号数検出部にかかるフィルタ掃引回路におけるフィルタ掃引電圧の一例を示すブロック図である。

【図15】（a）～（c）はそれぞれ図12に示す多重信号数検出部にかかる波長検出回路の動作を説明するためのタイムチャートである。

【図16】本発明の第2実施形態にかかる多重信号数検出部の第2変形例の構成を示すブロック図である。

【図17】本発明の第2実施形態にかかる多重信号数検出部の第3変形例の構成を示すブロック図である。

【図18】本発明の第2実施形態にかかる光源とその周辺を示すブロック図である。

【図19】本発明の第2実施形態の変形例にかかる光源とその周辺を示すブロック図である。

【図20】本発明の第3実施形態にかかる光増幅装置の構成を示すブロック図である。

【図21】本発明の第3実施形態にかかる多重信号数検出部の内部構成を示すブロック図である。

【図22】本発明の第3実施形態にかかる多重信号数検出部の第1変形例の構成を示すブロック図である。

【図23】本発明の第3実施形態にかかる多重信号数検出部の第2変形例の構成を示すブロック図である。

【図24】本発明の第3実施形態にかかる多重信号数検出部の第3変形例の構成を示すブロック図である。

【図25】本発明の第2実施形態にかかる光伝送システムにおける端局の4波多重送信部の一例を示すブロック図である。

【図26】一般的な光伝送システムを示すブロック図である。

【図27】一般的な光伝送システムにおける端局の4波多重送信部の一例を示すブロック図である。

【図28】一般的な光増幅装置の構成を示すブロック図である。

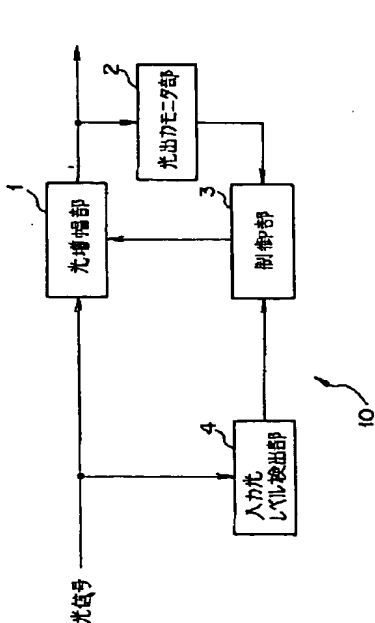
【符号の説明】

- 1, 91 光増幅部
- 2, 93 光出力モニタ部（受光器）
- 3, 3A 制御部
- 4, 4A 入力光レベル検出部（レベル検出部）
- 5, 5A～5G 多重信号数検出部（波長監視回路）
- 6, 6A 光源制御部（光源制御回路）
- 7, 7A, 7-1～7-n 補償光信号発生用光源（光源）
- 7A-1～7A-m 波長可変光源
- 8 第1光分岐回路
- 9 第2光分岐回路
- 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 90 光増幅装置
- 20A, 20B, 20C 端局
- 20D 中継局
- 20a～20f 光増幅器
- 30, 30A, 41, 94, 502, 512 比較器
- 31, 95 ポンピング光源制御回路（PUMP LD 制御回路）
- 40, 500, 506, 509-1～509-n, 511, 515 受光器
- 41-1～41-n, 47-1～47-n, 47A-1

~47A-n, 502-1~502-n, 512-1~
 512-n 比較回路
 42, 48, 514B, 517B, 518 レベル変換
 部
 42A, 519A アドレス変換部
 42B, 519B メモリ制御部
 42C, 50, 519C メモリ
 42D, 45 アナログ/ディジタル変換回路 (A/
 D)
 42E 電圧発生部
 43, 43A, 514, 517 参照値変更情報供給部
 44 増幅器
 46 受光変化情報演算部
 46A タイマ
 46B サンプリング回路
 46C メモリ
 46D 第1比較器
 47, 47A 第2比較器
 47A-1~47A-n ウインドコンパレータ
 51 符号化回路
 52 発振器
 53 駆動回路 (変調回路)
 70, 85 合波器
 71, 72 光カプラ

【図1】

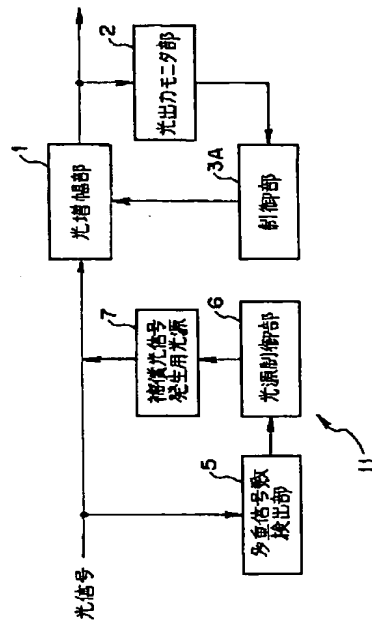
本発明の原理ブロック図



80 光通信システム
 81-1~81-4 光源
 82-1~82-4 変調器
 83-1~83-4 駆動回路
 84-1~84-4 発振器
 92 光分岐回路
 501 フィルタ部
 501-1~501-n フィルタ
 503, 510, 513 論理回路 (OR)
 504 波長可変フィルタ
 505 フィルタ掃引回路
 507 波長検出回路
 507A 波形整形回路
 507B 排他的論理和回路
 507C ゲート回路 (GATE)
 507D メモリ
 507E メモリ読み出し回路
 507F カウンタ
 507G カウンタリセット回路
 508 分光器
 509 受光部
 514A, 517A 加算器
 516 平滑回路
 519 波長情報供給部

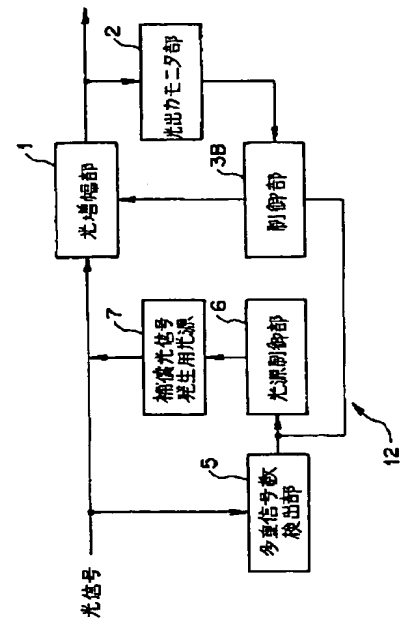
【図2】

本発明の原理ブロック図



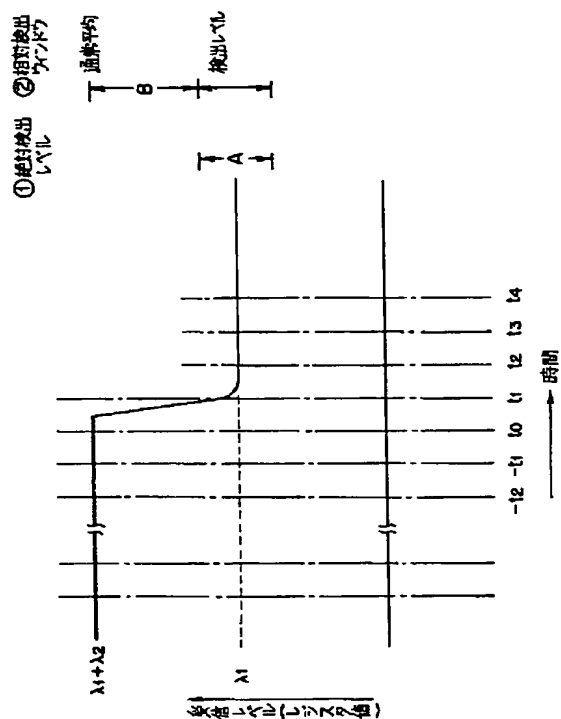
【図3】

本発明の原理ブロック図

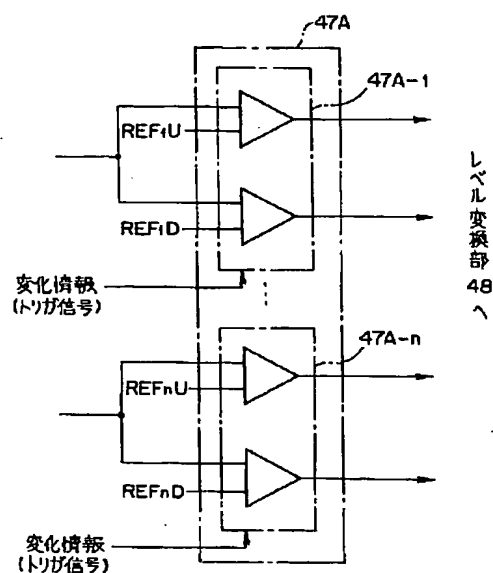


【図 5】

本発明の第1実施形態にかかる2波多重信号における検出レベル範囲を説明するための図

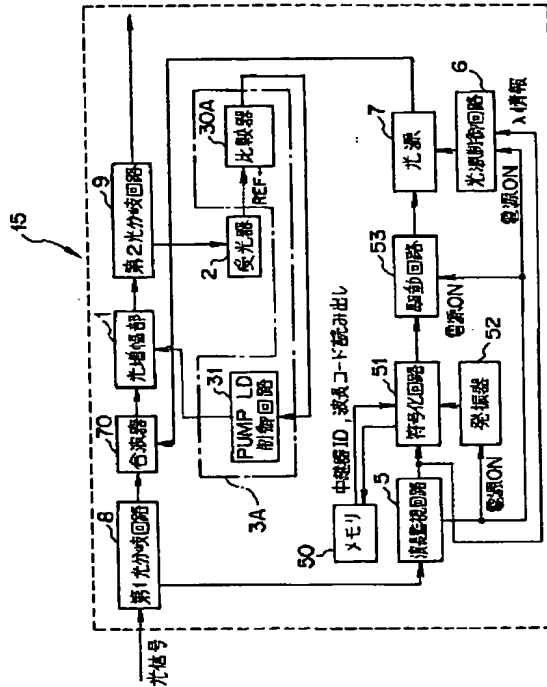


本発明の第1実施形態の第1変形例にかかるウインドコンパ
レータの構成を示すブロック図



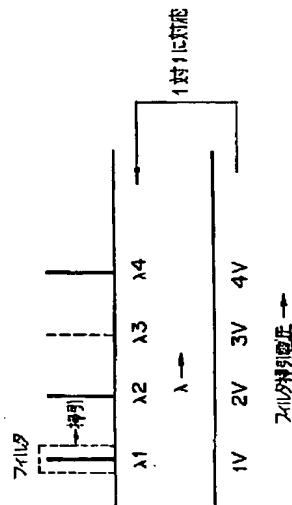
【図10】

本発明の第2実施形態にかかる光増幅装置の構成を示すブロック図



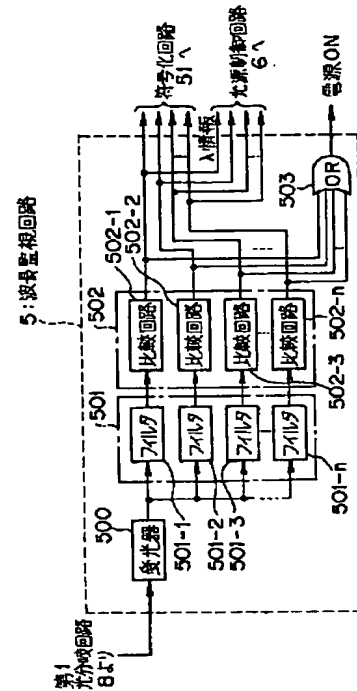
【図14】

図12に示す多重信号数検出部にかかるフィルタ導引回路におけるフィルタ導引電圧の一例を示すブロック図



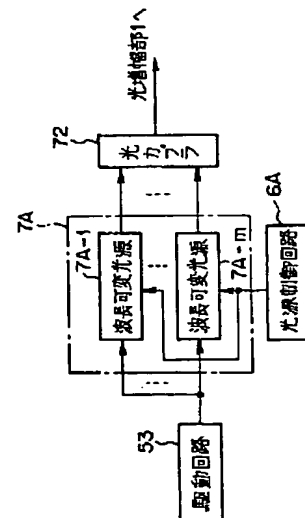
【図11】

本発明の第2実施形態にかかる多重信号数検出部の内部構成を示すブロック図



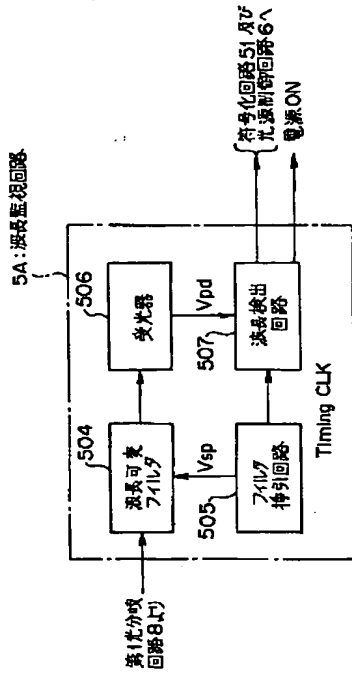
【図19】

本発明の第2実施形態の変形例にかかる光源とその周辺を示すブロック図



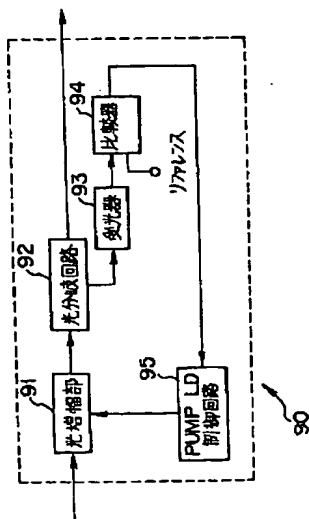
【図12】

本発明の第2実施形態にかかる多重信号数検出部の第1変形例の構成を示すブロック図



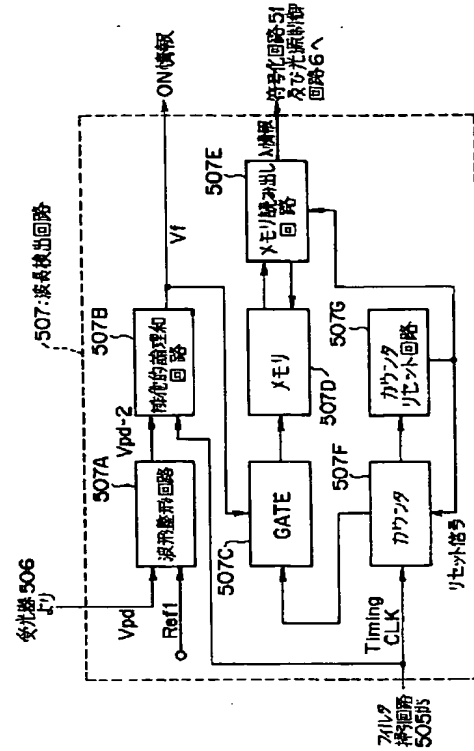
【図28】

一般的な光増幅装置の構成を示すブロック図



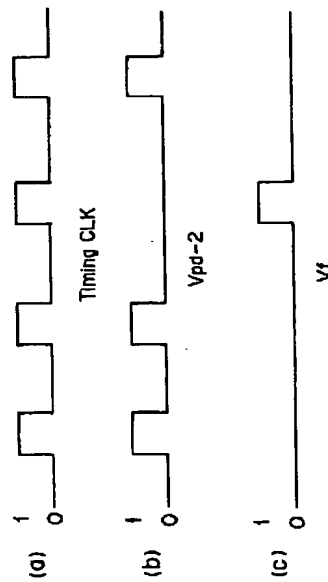
【図13】

図12に示す多重信号数検出部にかかる波長検出回路の内部構成を示すブロック図



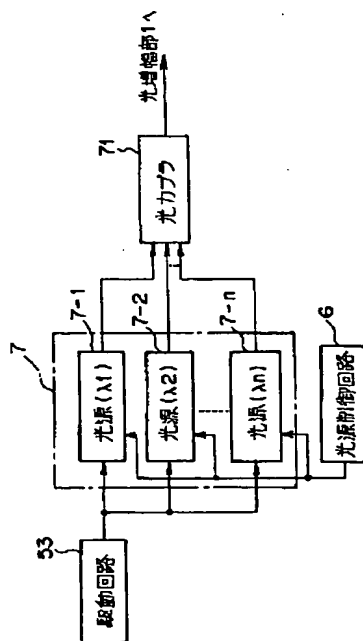
【図15】

図12に示す多重信号数検出部にかかる波長検出回路の動作を説明するためのタイムチャート



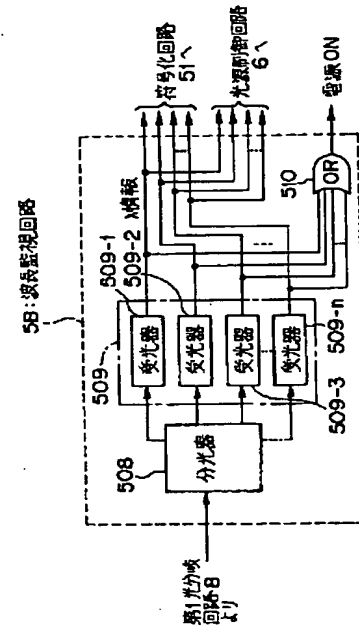
【図18】

本発明の第2実施形態にかかる光源とその周辺を示すブロック図



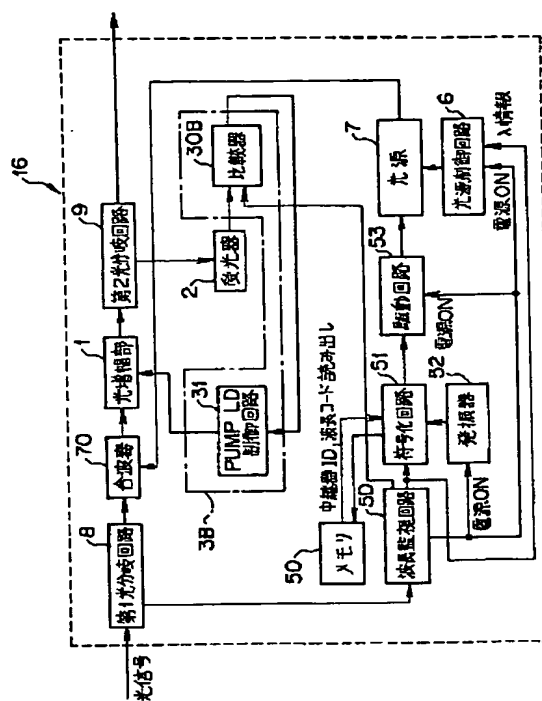
【図16】

本発明の第2実施形態にかかる多重信号数検出部の第2変形例の構成を示すブロック図



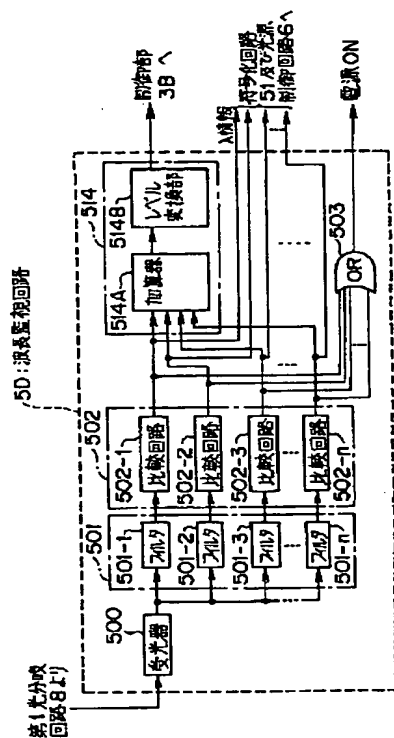
【図20】

本発明の第3実施形態にかかる光増幅装置の構成を示すブロック図



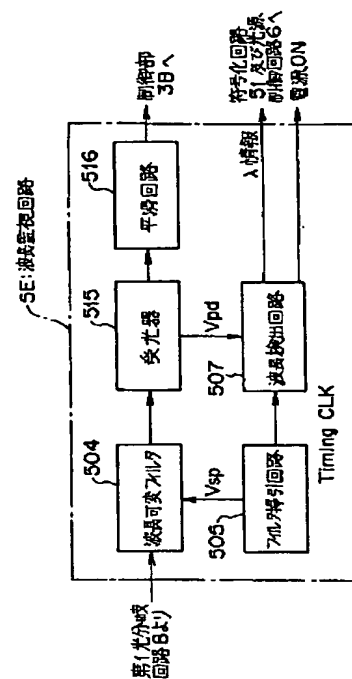
【图 2 1】

本発明の第3実施形態にかかる多重信号数検出部の内部構成を示すブロック図



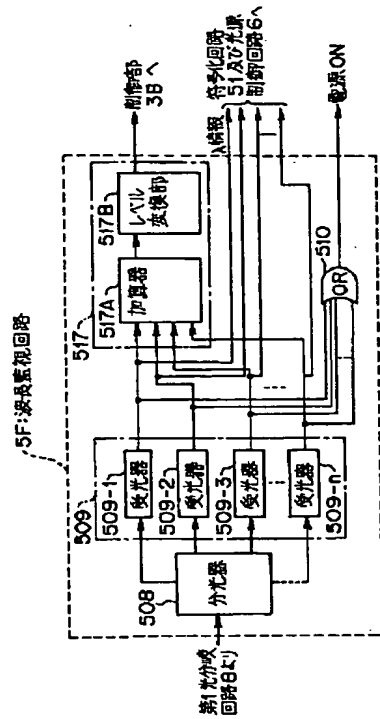
【图 2 2】

本発明の第3実施形態にかかる多重信号数検出部の第1変形例の構成を示すブロック図



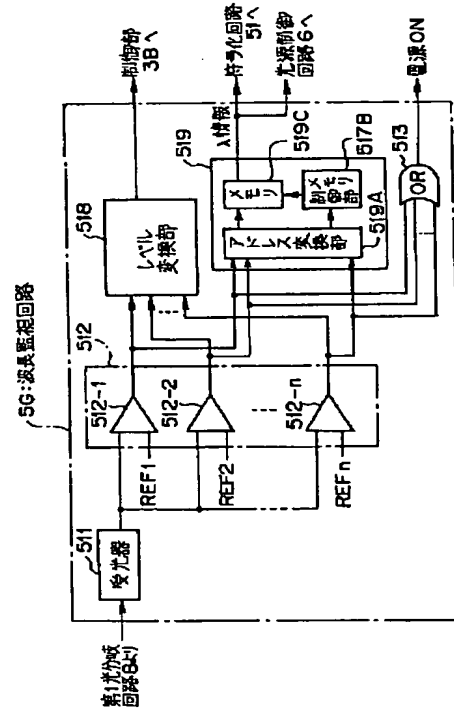
【図23】

本発明の第3実施形態における多重信号数検出部の第2変形例の構成を示すブロック図



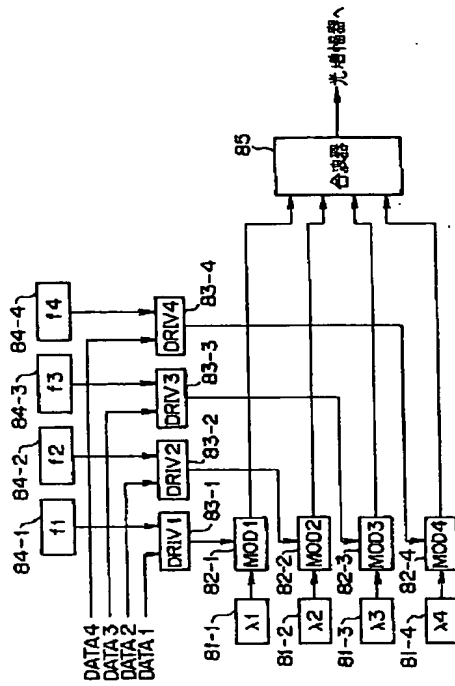
【図24】

本発明の第3実施形態における多重信号数検出部の第3変形例の構成を示すブロック図



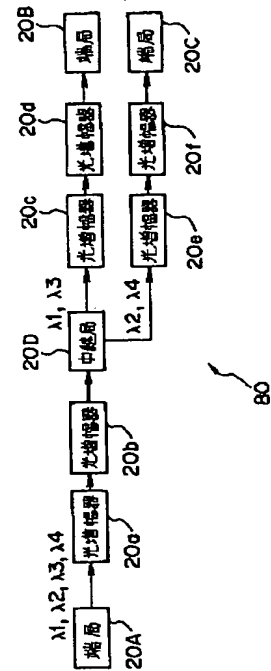
【図 25】

本発明の第2実施形態にかかる光伝送システムにおける端局の4波多重送信部の一例を示すブロック図



【図 26】

一般的な光伝送システムを示すブロック図



【図27】

一般的な光伝送システムにおける端局の4波多重送信部の一例を示すブロック図

